

1. Абылгазиев, Т.И. Энергетическая эффективность в Китае: программы и перспективы / [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.energsovet.ru/stat618p2.html>
2. Борисова, Е.А. КНР. Экологические проекты в сфере энергетики / Е.А.Борисова // Азия и Африка сегодня. - 2016 . - №2. - С.26-32.
3. Левченко С.А. Интеллектуальные энергетические сети (Smart Grids) в Беларуси: проблемы в построении «умных» сетей и варианты их решения / [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://scienceportal.org.by/upload/Levchenko27.06.2012.pdf>
4. Обзор энергетики Китая / [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://asiavector.ru/analytics/340/>
5. Отраслевая программа развития электроэнергетики на 2016 – 2020 годы/ [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http:// minenergo gov.by/](http://minenergo.gov.by/)
6. Smart Grids или умные сети электроснабжения/ [Электронный ресурс].- Режим доступа: [https://www.eneca.by/ru\\_smartgrid0/](https://www.eneca.by/ru_smartgrid0/)

**Тур Э.А., Халецкий В.А.**

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ СТАЛЬНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Брестский государственный технический университет, кафедра инженерной экологии и химии, к.т.н., доцент, зав. кафедрой ИЭиХ, старший преподаватель кафедры ИЭиХ*

Внедрение в производство качественных защитных антикоррозионных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками, незначительно изменяющимися во времени, является одним из важнейших факторов, гарантирующих надёжность и длительный срок службы стальных строительных конструкций. Расположение объекта, его возраст, степень разрушения металла, качество поверхности, тип агрессивных воздействий, количество дефектов, свойства старого покрытия — это факторы, которые оказывают влияние на подготовку поверхности и выбора системы защиты металла от коррозии.

В настоящее время разработаны и внедрены в производство многочисленные способы защиты строительных конструкций от коррозии: гальванические покрытия, ингибиторы, защитные смазки, металлизация, электрохимическая катодная защита и разнообразные лакокрасочные покрытия [1]. На лакокрасочные покрытия ложится главная ответственность за защиту от коррозии, так как ими защищают более 80% поверхностей всех металлических изделий. В зависимости от плёнообразующего полимера, пигментов, наполнителей и других компонентов, входящих в рецептуру, лакокрасочные покрытия (ЛКП) могут выполнять функции барьера, пассиватора или протектора. Эффективность применения лакокрасочных покрытий целесообразна при условии долговечности эксплуатации не более 10 лет и скорости коррозии металла до 0,05 мм/год. Если требуется повышение долговечности или скорость коррозии металла составляет 0,5-1,0 мм/год, то следует применять комбинированные покрытия (например, горячее цинкование с последующим нанесением ЛКП) [2].

Защита металла от коррозии заключается в создании на поверхности металлического изделия сплошной, беспористой пленки, которая препятствует агрессивному воздействию окружающей среды и предохраняет металл от разрушения. ЛКП не исключает коррозию, а служит для нее лишь преградой, а значит, лишь тормозит процесс коррозии. Качество покрытия зависит как от подготовки поверхности, так и от способа нанесения защитного ЛКП [3].

Авторами ранее [4] были разработаны рецептуры антикоррозионных красок и грунтовок на основе акриловых сополимеров белого и чёрного цветов, проведен ряд лабораторных испытаний ЛКП. В данной работе представлены результаты дальнейших исследований в этом направлении. Были оптимизированы рецептуры красок и грунтовок белого, серого и чёрного цветов, чаще всего применяемых в строительстве для антикоррозионной защиты.

Таблица 1 – Рецептуры красок и грунтовок

Наименование компонента	Массовая доля, %					
	краска			грунтовка		
	белая	серая	чёрная	белая	серая	чёрная
Сополимер акриловый	29,0	29,0	29,0	19,0	19,0	19,0
Органический растворитель (сольвент+толуол = 1:1)	35,0	35,0	35,0	25,0	25,0	25,0
Регулятор качества поверхности	0,3	0,3	0,3	-	-	-
Пластификатор	3,1	3,1	3,1	2,0	2,0	2,0
Пассивирующая добавка: смесь ортофосфата цинка и оксида цинка	-	-	-	14,0	14,0	14,0
Диспергатор	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6
Смола эпоксидная	-	-	-	2,1	2,1	2,1
Микротальк	5,0	5	5,0	6,0	6,0	6,0
Диоксид титана	15,0	10,0	-	8,9	6,0	-
Пигмент чёрный железooks.	-	5,0	10,0	-	3,0	6,9
Карбонат кальция	6,9	6,9	11,9	7,0	6,9	9,0
Диоксид кремния мелкодисп. (агент реологии)	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2
Слюда	5,0	5,0	5,0	-	-	-
Сульфат бария	-	-	-	15,0	15,0	15,0
Глина бентонитовая	-	-	-	0,2	0,2	0,2

Разработанная система «краска – грунтовка» (К–Г) предназначена для защитно-декоративной отделки стальных поверхностей, подвергающихся атмосферному воздействию в зонах умеренного и холодного климатов. Покрытие формируется при естественных условиях и обеспечивает эффективную барьерную защиту и пассивацию поверхности металла. Краски применяются в комплексе с грунтовками в качестве окончательного покрытия. Грунтовки содержит наполнители и функциональные добавки, ингибирующие коррозионные процессы, обеспечивает хорошую межслойную адгезию. Перед нанесением системы К–Г требуется тщательная подготовка поверхности. Рецептуры разработанных красок и грунтовок белого, серого и черного цветов приведены в таблице 1.

Известно, что замедлить протекание коррозионного процесса можно введением в лакокрасочную композицию пигментов и ингибиторов, способствующих образованию гидрофобных комплексных и других соединений на поверхности металла (например, добавлением хроматов, фосфатов металлов, азотсодержащих и силосановых соединений) [5]. Поэтому в качестве пассивирующего агента в состав

рецептуры грунтовок была включена композиция, состоящая из ортофосфата цинка и оксида цинка. Кроме того, и краски и грунтовки содержат инертные пигменты: диоксид титана рутильной формы, полученный сульфатным методом, и пигмент чёрный железоксидный, а также мелкодисперсные наполнители (микротальк и слюду) для повышения укрывистости и сплошности плёнки. Основным компонент – плёнкообразующее (сополимер n-бутилакрилата и метилметакрилата) создаёт беспористую эластичную твёрдую плёнку [3]. Технические характеристики акрилового сополимера приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики акрилового сополимера

Наименование показателя	Величина показателя
Температура стеклования (Tg), °C	65±2
Среднемассовая молекулярная масса (Mw)	60000±5000
Степень полидисперсности (Mw / MN)	1,7
Кислотное число 40%-го раствора в толуоле, мг KOH/г	6,4
Вязкость 40%-ного раствора в толуоле по вискозиметру Брукфилда RV DV-II (шпиндель 2, скорость 60 об/мин, t=25°C), мПа·с	400-450
Твердость высохшей плёнки на стекле по Кёнигу, абс.ед.	18

Краски и грунтовки были изготовлены на лабораторном диссольтвере. Исследования проводили известными методами [6]. Все показатели (за исключением укрывистости) определяли для неразбавленной краски и грунтовки. Для определения укрывистости краску разбавляли толуолом до условной вязкости 40 - 45 с по ВЗ-246 с соплом Ø 4 мм. Для определения стойкости к статическому воздействию воды, 3%-ного водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла, устойчивости покрытия к воздействию переменных температур систему К–Г (грунтовку в один слой, краску в один слой) наносили на обе стороны стальной пластинки, а также на боковые грани. Толщина высохшего покрытия системы К–Г составляла около 130-190 мкм. Для определения прочности покрытия при ударе систему К–Г наносили на одну сторону стальной пластинки. Толщина ЛКП составляла 160-180 мкм. Продолжительность сушки каждого слоя – 24 ч.

Определение пористости производили химическим методом согласно [7]. Сущность метода заключается во взаимодействии ионов двухвалентного железа с гексацианоферратом (III) калия в местах пор с образованием турнбулевой сини (при pH<7), подсчёте среднего числа пор и оценке пористости по пятибальной системе. Некоторые исследователи отмечают, что данный метод позволяет получить данные о начавшемся процессе разрушения ЛКП задолго до появления первых визуальных признаков этого процесса [8]. Количество образцов для испытания каждого показателя – не менее 5. Основные усреднённые показатели (для материалов белого, серого и чёрного цветов) красок, грунтовок и ЛКП приведены в таблице 3.

В результате проведенных исследований выявлено, что разработанное покрытие устойчиво к статическому воздействию воды, 3%-го водного раствора хлорида натрия, бензина и индустриального масла при (20±2)°C более 72 ч, а также к действию переменных температур. Условная светостойкость составляет 0,8-1,2%, что гораздо ниже существующих норм для белых красок, применяемых для наружных работ (не более 5%). ЛКП обладает низкой пористостью – 2 балла по пятибальной системе согласно [7], где 1 – лучший результат. Разумный баланс прочности покрытия при ударе (26 см), твёрдости по маятниковому прибору (0,28 отн.ед.) и эластичности при изгибе (8-10 мм) свидетельствует о сбалансированности рецептур краски и грунтовки.

Таблица 3 – Основные показатели красок, грунтовок и ЛКП

Наименование показателя	Величина показателя	
	краска	грунтовка
Условная вязкость по ВЗ-246 (Ø 4 мм) при (20±0,5)°С, с	120	100
Массовая доля нелетучих веществ, %	55	40
Время высыхания до степени 3 при (20±2)°С, ч	5	3
Плотность, г/см³	1,6	1,3
Укрывистость высушенного покрытия, г/м²	80	-
Блеск, %	15	-
Коэффициент диффузного отражения (белизна) покрытия для белого цвета, %	76-78	
Степень перетира, мкм	15-20	15-20
Прочность покрытия при ударе по прибору У-1, см	26	
Твердость покрытия по маятниковому прибору ТМЛ (маятник А), отн. ед.	0,28	
Эластичность покрытия при изгибе, мм	8-10	8-10
Адгезия к стали, баллы, не более	1	1
Стойкость покрытия к статическому воздействию воды при t= (20±2)°С, ч	более 72	
Стойкость покрытия к статическому воздействию 3%-го водного раствора NaCl при t= (20±2)°С, ч	более 72	
Стойкость покрытия к статическому воздействию бензина и индустриального масла при t= (20±2)°С, ч	более 72	
Устойчивость покрытия к воздействию переменных температур, циклов	50	
Условная светостойкость покрытия (изменение коэффициента диффузного отражения), %	0,8-1,2	
Пористость, – пор /см²; – балл	9	
	2	
Сопротивление паропрооницанию (система К-Г) покрытия, м²·ч·Па/мг	2,0 – 2,4	

Объемное электрическое сопротивление ЛКП определяли кулонометрическим методом [6] с помощью прибора ПУС-1. Удельное объемное электрическое сопротивление ЛКП ( $\rho$ ) рассчитывали по формуле 1:

$$\rho = R_x \cdot A / h, \quad (1)$$

где:  $R_x$  – измеренное объемное сопротивление, Ом;

$A$  – эффективная площадь электрода, см²;

$h$  – средняя толщина ЛКП, см.

Удельное объемное электрическое сопротивление системы «грунтовка-краска», находится в пределах  $0,8 - 1,5 \times 10^{10}$  Ом·см =  $0,8 - 1,5 \times 10^8$  Ом·м. Это соответствует эксплуатации в условиях умеренного климата в течение 8-10 лет. Таким образом, разработанная акриловая система рекомендуется к использованию в качестве антикоррозионной защиты стальных строительных конструкций. Кроме того, использование различных подходов к исследованию проницаемости покрытий позволяет получить быструю и объективную оценку антикоррозионных свойств новых защитно-декоративных материалов. Следует отметить, что технические требования к антикоррозионным ЛКП и методы исследования их стойкости к различным агрессивным средам постоянно совершенствуются и обновляются с учётом данных, получаемых в процессе эксплуатации окрашенных строительных конструкций и промышленного оборудования.

*Список использованных источников:*

1. Стойе, Д. Краски, покрытия и растворители / Д. Стойе, В. Фрейтаг; пер. с англ. под ред. Э. Ф. Ицко. – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
2. Брок, Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – пер. с англ. под ред. Л.Н. Машляковского. – М.: Пэйн-Медиа, 2004. – 548 с.
3. Яковлев, А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1981. – 352 с.
4. Тур, Э.А. Антикоррозионная защита стальных конструкций предприятий машиностроения акриловыми материалами / Э.А. Тур, Н. М. Голуб // Вестник Брестского государственного технического университета. - Брест: БрГТУ, 2013. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология.
5. Елисаветский, А.М. Защита металлов от коррозии лакокрасочными покрытиями / А.М. Елисаветский, И.В. Елисаветская, В.Н. Ратников // Лакокрасочные материалы и их применение. – 2000. – №4. – С.23-25.
6. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
7. ГОСТ 9.302-88. ЕСЗКС Покрытия металлические и неметаллические неорганические.
8. Светличкин, А.Ф. Подбор антикоррозионных покрытий для защиты внутренних поверхностей технологических аппаратов Астраханского ГПЗ / А.Ф. Светличкин, Т.В. Кирбятёва, Л.П. Кортюченко, Д.А. Пичугин, Н.Э Молчан // Промышленная окраска. – 2007. – №4. – С.39-41.

**Савчук Т.П.**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ  
В 1990-Х – 2000-Х ГГ**

*БрГУ имени Пушкина*

Республиканское унитарное предприятие «Брестэнерго» было создано в 1954 г. в соответствии с Постановлением Совета Министров БССР и ЦК КПБ № 315 «Об электрификации районных центров Белорусской ССР» [1, с. 31]. В состав Брестского областного энергетического управления вошли Брестская, Столинская, Пружанская, Кобринская, Домачевская, Высоковская, Дрогичинская, Ивановская, Антопольская, Давид-Городокская электрические станции, гидроэлектростанции Лахозвинская и Городищенская, Брестская и Барановичская ТЭЦ [1, с. 31]. Значительным событием для Брестской энергосистемы стало строительство Березовской ГРЭС, начатое в 1958 г. Станция мощностью 900 тыс. кВт стала крупнейшей ТЭС Белорусской ССР.

До середины 1990-х гг. на Березовской ГРЭС производилось до 95% всей электроэнергии, необходимой области [2, с. 30]. Однако со временем оборудование старело и изнашивалось, менялась структура покрытия электрических нагрузок. Требовались кардинальные преобразования основных фондов. С обретением Республикой Беларусь суверенитета начинается модернизация всего энергетического комплекса страны, в том числе и Брестской энергосистемы [1, с. 151].

Сегодня РУП «Брестэнерго» представляет собой сложный технологический комплекс, который осуществляет производство, передачу, распределение и